

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 196 38 667 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H01L 33/00  
G 02 F 2/02

21 Aktenzeichen: 196 38 667.5  
22 Anmeldetag: 20. 9. 96  
43 Offenlegungstag: 2. 4. 98

DE 196 38 667 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

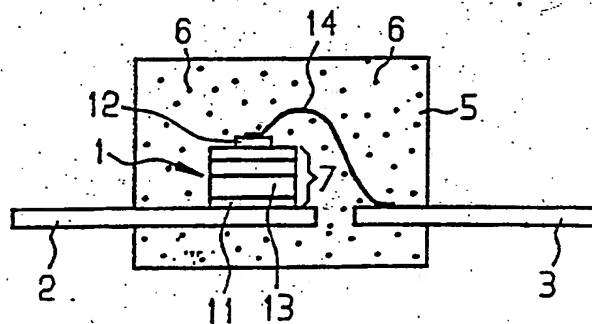
72 Erfinder:  
Schlotter, Peter, Dr., 79112 Freiburg, DE; Schmidt,  
Rolf, 79279 Vörstetten, DE; Schneider, Jürgen, Dr.,  
79199 Kirchzarten, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE 33 15 675 C2  
DE 38 04 293 A1  
DE-OS 20 59 909  
Abstract zu JP 07 176 794 A;  
»Appl.Phys.Lett.« 69 (12. Aug. 1996) 898-900;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Mischfarbiges Licht abstrahlendes Halbleiterbauelement mit Lumineszenzkonversionselement

57 Mischfarbiges Licht abstrahlendes Halbleiterbauelement mit einem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper (1) und einem Lumineszenzkonversionselement (4, 5). Der Halbleiterkörper (1) sendet Strahlung mit einer Wellenlänge  $\lambda \leq 520$  nm und das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) wandelt einen Teil dieser Strahlung in Strahlung mit einer größeren Wellenlänge um. Dadurch lassen sich Leuchtdioden herstellen, die mischfarbiges Licht, insbesondere weißes Licht abstrahlen. Das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) weist einen anorganischen Leuchtstoff (6) auf.



DE 196 38 667 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein mischfarbiges, insbesondere weißes Licht abstrahlendes Halbleiterbauelement.

In vielen potentiellen Anwendungsgebieten für Leuchtdioden, wie zum Beispiel bei Anzeigeelementen im Kfz-Armaturenbrett, Beleuchtung in Flugzeugen und Autos und bei vollfarbtauglichen LED-Displays, tritt verstärkt die Forderung nach Leuchtdiodenanordnungen auf, mit denen sich mischfarbiges Licht, insbesondere weißes Licht erzeugen läßt. Bisher läßt sich weißes "LED"-Licht nur mit sogenannten Multi-LEDs erzeugen, bei denen drei verschiedenfarbige Leuchtdioden (i. a. eine rote, eine grüne und eine blaue) oder zwei komplementärfarbige Leuchtdioden (z. B. eine blaue und eine gelbe) verwendet werden. Neben einem erhöhten Montageaufwand sind für solche Multi-LEDs auch aufwendige Ansteuerelektroniken erforderlich, da die verschiedenen Diodentypen unterschiedliche Ansteuerspannungen benötigen. Außerdem wird die Langzeitstabilität hinsichtlich Wellenlänge und Intensität durch unterschiedliche Alterungserscheinungen der verschiedenen Leuchtdioden und auch aufgrund der unterschiedlichen Ansteuerspannungen und den daraus resultierenden unterschiedlichen Betriebsströmen beeinträchtigt. Ein zusätzlicher Nachteil der Multi-LEDs besteht darin, daß die Bauteilminiaturisierung stark begrenzt ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Halbleiterbauelement der eingangs genannten Art zu entwickeln, mit dem auf technische Weise, mit einem möglichst geringen Bauteileaufwand, mischfarbiges Licht, insbesondere weißes Licht erzeugt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 30. Die Unteransprüche 31 bis 34 geben bevorzugte Verwendungsmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements an.

Erfindungsgemäß ist ein Strahlung aussendender Halbleiterkörper, mit mindestens einem ersten und mindestens einem zweiten mit dem Halbleiterkörper elektrisch leitend verbundenen elektrischen Anschluß vorgesehen, dem ein Lumineszenzkonversionselement zugeordnet ist. Der Halbleiterkörper weist eine Schichtenfolge auf, die eine elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen  $\lambda \leq 520$  nm aussendet. Sie weist insbesondere eine Schichtenfolge mit einer aktiven Schicht aus  $Ga_xIn_{1-x}N$  oder  $Ga_xAl_{1-x}N$  auf. Das Lumineszenzkonversionselement wandelt Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von dem Halbleiterkörper ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereiches um, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus mindestens einem zweiten spektralen Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung des zweiten Wellenlängenbereiches aussendet. Das Lumineszenzkonversionselement ist dazu mit mindestens einem anorganischen Leuchtstoff, insbesondere mit einem Phosphor versehen. Das heißt zum Beispiel, daß das Lumineszenzkonversionselement einen Teil einer vom Halbleiterkörper ausgesandten Strahlung spektral selektiv absorbiert und im längerwelligen Bereich (im zweiten Wellenlängenbereich) emittiert. Idealerweise weist die von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung bei einer Wellenlänge  $\lambda \leq 520$  nm ein Intensitätsmaximum auf.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements besteht das Lumineszenzkonversionselement zumindest teilweise aus einem transparenten Epoxidharz, das mit dem anorganischen Leuchtstoff versehen ist. Vorteilhafterweise lassen sich nämlich anorganische Leuchtstoffe insbesondere Phosphore wie z. B. YAG:Ce ( $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ ), auf einfache Weise in Epoxidharz einbinden. Weiterhin als Leuchtstoffe geeignet sind weitere mit Seltenen Erden dotierte Granate wie z. B.  $Y_3Ga_5O_{12}:Ce^{3+}$ ,  $Y(Al,Ga)_5O_{12}:Ce^{3+}$  und  $Y(Al,Ga)_5O_{12}:Tb^{3+}$  sowie mit Seltenen Erden dotierte Erdalkali-Sulfide wie z. B.  $SrS:Ce^{3+}$ ,  $Na$ ,  $SrS:Ce^{3+}$ ,  $Cl$ ,  $SrS:CeCl_3$ ,  $CaS:Ce^{3+}$  und  $SrSe:Ce^{3+}$ .

Zur Erzeugung von mischfarbigem Licht eignen sich darüberhinaus mit Seltenen Erden dotierte Thiogallate wie z. B.  $CaGa_2S_4:Ce^{3+}$  und  $SrGa_2S_4:Ce^{3+}$  sowie mit Seltenen Erden dotierte Aluminate wie z. B.  $YAlO_3:Ce^{3+}$ ,  $YGaO_3:Ce^{3+}$ ,  $Y(Al,Ga)O_3:Ce^{3+}$  und mit Seltenen Erden dotierte Orthosilikate  $M_2SiO_5:Ce^{3+}$  ( $M: Sc, Y, Sr$ ) wie z. B.  $Y_2SiO_5:Ce^{3+}$ . Bei allen Yttriumverbindungen kann das Yttrium im Prinzip auch durch Scandium oder Lanthan ersetzt werden.

Ebenso kann vorteilhafterweise bei dem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement auch eine Anzahl (einer oder mehrere) von aus dem ersten Wellenlängenbereich stammenden ersten spektralen Teilbereichen in mehrere zweite Wellenlängenbereiche umgewandelt werden. Dadurch ist es vorteilhafterweise möglich, vielfältige Farbmischungen und Farbtemperaturen zu erzeugen.

Das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement hat den besonderen Vorteil, daß das über Lumineszenzkonversion erzeugte Wellenlängenspektrum und damit die Farbe des abgestrahlten Lichtes nicht von der Höhe der Betriebsstromstärke durch den Halbleiterkörper abhängt. Dies ist insbesondere dann von großer Bedeutung, wenn die Umgebungstemperatur des Halbleiterbauelementes und damit bekanntermaßen auch die Betriebsstromstärke stark schwankt. Besonders Leuchtdioden mit einem Halbleiterkörper auf der Basis von GaN sind diesbezüglich sehr empfindlich.

Außerdem benötigt das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement im Gegensatz zu den eingangs genannten Multi-LEDs nur eine einzige Ansteuerspannung und damit auch nur eine einzige Ansteuerschaltungsanordnung, wodurch der Bauteileaufwand sehr gering gehalten werden kann.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist als Lumineszenzkonversionselement über oder auf dem Halbleiterkörper eine teiltransparente, d. h. eine für die von dem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung teilweise transparente Lumineszenzkonversionsschicht vorgesehen. Um eine einheitliche Farbe des abgestrahlten Lichtes sicherzustellen, ist vorteilhafterweise die Lumineszenzkonversionsschicht derart ausgebildet, daß sie durchweg eine konstante Dicke aufweist. Ein besonderer Vorteil eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements gemäß dieser Weiterbildung besteht darin, daß auf einfache Weise eine hohe Reproduzierbarkeit erzielt werden kann, was für eine effiziente Massenfertigung von wesentlicher Bedeutung ist. Als Lumineszenzkonversionsschicht kann beispielsweise eine mit anorganischem Leuchtstoff versetzte Lack- oder Kunstharzschicht vorgesehen sein.

Eine andere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements weist als Lumineszenzkonversionselement eine teiltransparente Lumi-

neszenzkonversionsumhüllung auf, die zumindest einen Teil des Halbleiterkörpers (und evtl. Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse) umschließt und gleichzeitig als Bauteilumhüllung (Gehäuse) genutzt sein kann. Der Vorteil eines Halbleiterbauelements gemäß dieser Ausführungsform besteht im wesentlichen darin, daß zu seiner Herstellung konventionelle, für die Herstellung von herkömmlichen Leuchtdioden (z. B. Radial-Leuchtdioden) eingesetzte Produktionslinien genutzt werden können. Für die Bauteilumhüllung ist anstelle des bei herkömmlichen Leuchtdioden dafür verwendeten transparenten Kunststoffes das Material der Lumineszenzkonversionsumhüllung verwendet.

Bei vorteilhaften Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements und der beiden oben genannten bevorzugten Ausführungsformen besteht die Lumineszenzkonversionsschicht bzw. die Lumineszenzkonversionsumhüllung aus einem transparenten Material (z. B. Kunststoff (wie Epoxidharz)), das mit mindestens einem anorganischen Farbstoff versehen ist (Beispiele für geeignete Kunststoffe finden sich weiter unten). Auf diese Weise lassen sich Lumineszenzkonversionselemente besonders kostengünstig herstellen. Die dazu notwendigen Verfahrensschritte sind nämlich ohne großen Aufwand in herkömmliche Produktionslinien für Leuchtdioden integrierbar.

Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung bzw. der o. g. Ausführungsformen ist vorgesehen, daß der oder die zweiten Wellenlängenbereiche zumindest teilweise größere Wellenlängen aufweisen als der erste Wellenlängenbereich.

Insbesondere ist vorgesehen, daß ein zweiter spektraler Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und ein zweiter Wellenlängenbereich zueinander komplementär sind. Auf diese Weise kann aus einer einzigen farbigen Lichtquelle, insbesondere einer Leuchtdiode mit einem einzigen blauen oder grünen Licht abstrahlenden Halbleiterkörper, mischfarbiges, insbesondere weißes Licht erzeugt werden. Um z. B. mit einem blauen Licht aussendenden Halbleiterkörper weißes Licht zu erzeugen, wird ein Teil des von dem Halbleiterkörper ausgesandten Spektralbereiches in einen gelben Spektralbereich konvertiert. Die Farbtemperatur des weißen Lichtes kann dabei durch geeignete Wahl des anorganischen Leuchtstoffes und geeignete Gestaltung des Lumineszenzkonversionselements (z. B. hinsichtlich Schichtdicke und Leuchtstoffkonzentration), variiert werden. Darüberhinaus bieten diese Anordnungen vorteilhafterweise auch die Möglichkeit, Leuchtstoffmischungen einzusetzen, wodurch sich vorteilhafterweise der gewünschte Farbton sehr genau einstellen läßt.

Ebenso können Lumineszenzkonversionselemente inhomogen ausgestaltet sein, z. B. mittels einer inhomogenen Leuchtstoffverteilung. Unterschiedliche Weglängen des Lichtes durch das Lumineszenzkonversionselement können dadurch vorteilhafterweise kompensiert werden.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements weist das Lumineszenzkonversionselement oder ein anderer Bestandteil einer Bauteilumhüllung zur Farbanpassung einen oder mehrere Farbstoffe auf, die keine Wellenlängenkonversion bewirken. Hierzu können die für die Herstellung von herkömmlichen Leuchtdioden verwendeten Farbstoffe wie z. B. Azo-, Anthrachinon- oder Perinon-Farbstoffe wie herkömmlich eingesetzt werden.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements ist zumindest ein Teil

der Oberfläche des Halbleiterkörpers von einer ersten, z. B. aus einem Kunststoff bestehenden transparenten Umhüllung umgeben, auf der die Lumineszenzkonversionsschicht aufgebracht ist. Dadurch wird die Strahlungsdichte im Lumineszenzkonversionselement und somit dessen Strahlungsbelastung verringert, was sich je nach verwendeten Materialien positiv auf die Lebensdauer des Lumineszenzkonversionselementes auswirkt.

Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sowie der oben genannten Ausführungsformen ist ein Halbleiterkörper, z. B. eine Leuchtdiode oder eine Laserdioden verwendet, bei dem das ausgesandte Strahlungsspektrum bei einer Wellenlänge zwischen 420 nm und 460 nm, insbesondere bei 430 nm (z. B. Halbleiterkörper auf der Basis von  $Ga_xAl_{1-x}N$ ) oder 450 nm (z. B. Halbleiterkörper auf der Basis von  $Ga_xIn_{1-x}N$ ) ein Intensitätsmaximum. Mit einem derartigen erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement lassen sich vorteilhafterweise nahezu sämtliche Farben und Mischfarben der C.I.E.-Farbtafel erzeugen.

Bei einer weiteren besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung und deren Ausführungsformen ist die Lumineszenzkonversionsumhüllung bzw. die Lumineszenzkonversionsschicht aus einem Lack oder aus einem Kunststoff, wie beispielsweise die für die Umhüllung optoelektronischer Bauelemente eingesetzten Silikon-, Thermoplast- oder Duroplastrmaterialien (Epoxid- u. Acrylatharze) hergestellt. Desweiteren können z. B. aus Thermoplastmaterialien gefertigte Abdeckelemente als Lumineszenzkonversionsschicht eingesetzt sein. Sämtliche oben genannten Materialien lassen sich auf einfache Weise mit einem oder mehreren anorganischen Leuchtstoffen versetzen.

Besonders einfach läßt sich ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement vorteilhafterweise dann realisieren, wenn der Halbleiterkörper gemäß einer bevorzugten Weiterbildung in einer Ausnehmung eines gegebenenfalls vorgefertigten Gehäuses angeordnet ist und die Ausnehmung mit einem die Lumineszenzkonversionsschicht aufweisenden Abdeckelement versehen ist. Ein derartiges Halbleiterbauelement läßt sich in großer Stückzahl in herkömmlichen Produktionslinien herstellen. Hierzu muß lediglich nach der Montage des Halbleiterkörpers in das Gehäuse, das Abdeckelement, beispielsweise eine Lack- oder Gießharzschicht oder eine vorgefertigte Abdeckplatte aus Thermoplastmaterial, auf das Gehäuse aufgebracht werden. Optional kann die Ausnehmung des Gehäuses mit einem transparenten Material, beispielsweise einem transparenten Kunststoff, gefüllt sein, das z. B. die Wellenlänge des von dem Halbleiterkörper ausgesandten Lichtes nicht verändert oder aber, falls gewünscht, bereits lumineszenzkonvertierend ausgebildet sein kann. Im letztgenannten Fall kann das Abdeckelement auch weggelassen sein.

Vorteilhafte Materialien zur Herstellung der o. g. Lumineszenzkonversionsschicht bzw. Lumineszenzkonversionsumhüllung sind z. B. Polymethylmetacrylat (PMMA) oder Epoxidharz dem ein oder mehrere anorganische Leuchtstoffe zugesetzt sind.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements bestehen zumindest alle lichtdurchstrahlenden Komponenten der Umhüllung, d. h. auch die Lumineszenzkonversionsumhüllung bzw. -schicht aus rein anorganischen Materialien. Das Lumineszenzkonversionselement besteht somit aus einem anorganischen Leuchtstoff, der in einem temperaturstabilen, transparenten oder teiltransparenten anorganischen Material eingebettet ist. Insbe-

sondere besteht das Lumineszenzkonversionselement aus einem anorganischen Phosphor, der in ein vorteilhafterweise niedrig schmelzendes anorganisches Glas (z. B. Silikatglas) eingebettet ist. Eine bevorzugte Herstellungsweise für eine derartige Lumineszenzkonversionsschicht ist die Sol-Gel-Technik, mit der die gesamte Lumineszenzkonversionsschicht, d. h. sowohl der anorganische Leuchtstoff als auch das Einbettmaterial in einem Arbeitsgang hergestellt werden kann.

Um die Durchmischung der von dem Halbleiterkörper ausgesandten Strahlung des ersten Wellenlängenbereiches mit der lumineszenzkonvertierten Strahlung des zweiten Wellenlängenbereiches und damit die Farbkonstanz des abstrahlten Lichtes zu verbessern, ist bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements der Lumineszenzumbüllung bzw. der Lumineszenzkonversionsschicht und/oder einer anderen Komponente der Bauteilumhüllung zusätzlich ein im Blauen lumineszierender Farbstoff hinzugefügt, der eine sogenannte Richtcharakteristik der von dem Halbleiterkörper abgestrahlten Strahlung abschwächt. Unter Richtcharakteristik ist zu verstehen, daß die von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung eine bevorzugte Abstrahlrichtung aufweist.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements ist zu diesem Zweck ein pulverförmiger anorganischer Leuchtstoff verwendet, der sich in dem ihn umhüllenden Stoff (Matrix) nicht löst. Außerdem weisen der anorganische Leuchtstoff und der ihn umhüllende Stoff voneinander verschiedene Brechungsindizes auf. Dies führt vorteilhafterweise dazu, daß abhängig von der Korngröße des Leuchtstoffes, ein Anteil des nicht vom Leuchtstoff absorbierten Lichtes gestreut wird. Dadurch ist die Richtcharakteristik der von dem Halbleiterkörper abgestrahlten Strahlung effizient geschwächt, so daß die nicht absorbierte Strahlung und die lumineszenzkonvertierte Strahlung homogen gemischt werden, was zu einem räumlich homogenen Farbeindruck führt. Das ist z. B. der Fall, wenn YAG : Ce mit einer Korngröße von 4 µm – 13 µm in Epoxidharz eingebettet ist.

Ein weißes Licht abstrahlendes erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement läßt sich beispielsweise dadurch realisieren, daß einem zur Herstellung der Lumineszenzkonversionsumhüllung oder -schicht verwendeten Epoxidharz der anorganische Leuchtstoff  $\text{Y}_2\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{3+}$  beigemischt wird. Ein Teil einer von dem Halbleiterkörper ausgesandten blauen Strahlung wird von dem anorganischen Leuchtstoff  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{3+}$  in den gelben Spektralbereich und somit in einen komplementären Wellenlängenbereich verschoben. Der Farbton (Farbort in der CIE-Farbtabelle) des weißen Lichts kann dabei durch geeignete Wahl der Farbstoffmischung und -konzentration variiert werden.

Der anorganische Leuchtstoff YAG : Ce hat unter anderem den besonderen Vorteil, daß es sich hierbei um nicht lösliche Farbpigmente (Teilchengröße z. B. 10 µm) mit einem Brechungsindex von ca. 1,84 handelt. Dadurch tritt neben der Wellenlängenkonversion noch ein Streueffekt auf, der zu einer guten Vermischung von blauer Diodenstrahlung und gelber Konverterstrahlung führt.

Bei einer weiteren bevorzugten Weiterbildung eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements bzw. der oben angegebenen vorteilhaften Ausführungsformen sind dem Lumineszenzkonversionselement oder einer anderen strahlungsdurchlässigen Komponente der Bauteilumhüllung zusätzlich lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren zugesetzt. Hierdurch läßt sich vor-

teilhafterweise der Farbeindruck und die Abstrahlcharakteristik des Halbleiterbauelements weiter optimieren.

Von besonderem Vorteil ist, daß die Leuchteffizienz von weißleuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen bzw. deren o. g. Ausführungsformen mit einem im wesentlichen auf der Basis von GaN hergestellten blau leuchtenden Halbleiterkörper gegenüber der Leuchteffizienz einer Glühlampe erheblich erhöht ist. Der Grund dafür besteht darin, daß zum einen die externe Quantenausbeute derartiger Halbleiterkörper bei einigen Prozent liegt und andererseits die Lumineszenzausbeute von anorganischen Leuchtstoffen oft bei über 90% angesiedelt ist. Darüberhinaus zeichnet sich das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement im Vergleich zur Glühlampe durch eine extrem lange Lebensdauer, größere Robustheit und eine kleinere Betriebsspannung aus.

Vorteilhaft ist weiterhin, daß die für das menschliche Auge wahrnehmbare Helligkeit des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements gegenüber einem ohne Lumineszenzkonversionselement ausgestatteten, aber sonst identischen Halbleiterbauelement deutlich erhöht werden kann, da die Augenempfindlichkeit zu höherer Wellenlänge hin zunimmt. Es kann darüberhinaus auch ultraviolette Licht in sichtbares Licht umgewandelt werden.

Das hier vorgestellte Konzept der Lumineszenzkonversion mit blauem Licht eines Halbleiterkörpers läßt sich vorteilhafterweise auch auf mehrstufige Lumineszenzkonversionselemente erweitern, nach dem Schema ultraviolett → blau → grün → gelb → rot. Hierbei werden mehrere unterschiedlich spektral selektiv emittierende Lumineszenzkonversionselemente relativ zum Halbleiterkörper hintereinander angeordnet.

Ebenso können vorteilhafterweise mehrere unterschiedlich spektral selektiv emittierende anorganische Leuchtstoffe gemeinsam in einen transparenten Kunststoff eines Lumineszenzkonversionselements eingebettet sein. Hierdurch ist ein sehr breites Farbenspektrum erzeugbar.

Besonders vorteilhaft können erfindungsgemäße Halbleiterbauelemente gemäß der vorliegenden Erfindung z. B. in vollfarbtauglichen LED-Anzeigevorrichtungen (Displays) oder zu Beleuchtungszwecken in Flugzeugen, Kraftfahrzeugen usw. eingesetzt werden.

Ein besonderer Vorteil von erfindungsgemäßen weißes Licht abstrahlenden Halbleiterbauelementen auf der Basis Ce-dotierter Phosphore, insbesondere Ce-dotierter Granate wie z. B. YAG : Ce als Leuchtstoff, besteht darin, daß diese Leuchtstoffe bei Anregung mit blauem Licht eine spektrale Verschiebung von ca. 100 nm zwischen Absorption und Emission bewirkt. Dies führt zu einer wesentlichen Reduktion der Reabsorption des vom Leuchtstoff emittierten Lichtes und damit zu einer höheren Lichtausbeute. Außerdem besitzen derartige anorganische Leuchtstoffe vorteilhafterweise im allgemeinen eine hohe thermische und photochemische (z. B. UV-) Stabilität (wesentlich höher als organische Leuchtstoffe), so daß auch Weiß leuchtende Dioden für Außenanwendung und/oder hohe Temperaturbereiche herstellbar sind.

Besonders vorteilhaft lassen sich erfindungsgemäße Halbleiterbauelemente insbesondere aufgrund ihrer geringen Leistungsaufnahme in vollfarbtauglichen LED-Displays, zur Beleuchtung von Kfz-Innenräumen oder von Flugzeugkabinen sowie zur Beleuchtung von Anzeigevorrichtungen wie Kfz-Armaturen oder Flüssig-

kristallanzeigen verwenden.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von neun Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Fig. 1 bis 12. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;

Fig. 3 eine schematische Schnittansicht durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;

Fig. 4 eine schematische Schnittansicht eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;

Fig. 5 eine schematische Schnittansicht eines fünften Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;

Fig. 6 eine schematische Schnittansicht eines sechsten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums eines blauen Licht abstrahlenden Halbleiterkörpers mit einer Schichtenfolge auf der Basis von GaN;

Fig. 8 eine schematische Darstellung der Emissionsspektren von erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen, die weißes Licht abstrahlen;

Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Halbleiterkörper, der blaues Licht aussendet;

Fig. 10 eine schematische Schnittansicht eines siebten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;

Fig. 11 eine schematische Schnittansicht eines achten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes und

Fig. 12 eine schematische Schnittansicht eines neunten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes.

In den verschiedenen Figuren sind jeweils gleiche oder gleichwirkende Teile immer mit denselben Bezugszeichen versehen.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Licht aussendenden Halbleiterbauelement weist ein Halbleiterkörper 1, z. B. eine Leuchtdiode oder eine Laserdioden, einen Rückseitenkontakt 11, einen Vorderseitenkontakt 12 und eine sich aus einer Anzahl von unterschiedlichen Schichten zusammensetzende Schichtenfolge 7 auf, die mindestens eine eine Strahlung (z. B. ultraviolette, blaue oder grüne Strahlung) aussendende aktive Zone besitzt.

Ein Beispiel für eine geeignete Schichtenfolge 7 für dieses und für sämtliche im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele ist in Fig. 9 gezeigt. Hierbei ist auf einem Substrat 18, das z. B. aus SiC besteht, eine Schichtenfolge aus einer AlN- oder GaN-Schicht 19, einer n-leitenden GaN-Schicht 20, einer n-leitenden  $Ga_{x-1}Al_1-xN$ - oder  $Ga_{x-1}In_1-xN$ -Schicht 21, einer weiteren n-leitenden GaN- oder  $Ga_{x-1}In_1-xN$ -Schicht 22, einer p-leitenden  $Ga_{x-1}Al_1-xN$ - oder  $Ga_{x-1}In_1-xN$ -Schicht 23 und einer p-leitenden GaN-Schicht 24 aufgebracht. Auf einer Hauptfläche 25 der p-leitenden GaN-Schicht 24 und einer Hauptfläche 26 des Substrats 18 ist jeweils eine Kontaktmetallisierung 27, 28 aufgebracht, die aus einem herkömmlich in der Halbleitertechnik für elektrische Kontakte verwendeten Werkstoff besteht.

Es kann jedoch auch jeder andere dem Fachmann für

das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement als geeignet erscheinende Halbleiterkörper verwendet werden. Dies gilt ebenso für sämtliche nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele.

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 ist der Halbleiterkörper 1 mittels eines elektrisch leitenden Verbindungsmittels, z. B. ein metallisches Lot oder ein Klebstoff, mit seinem Rückseitenkontakt 11 auf einem ersten elektrischen Anschluß 2 befestigt. Der Vorderseitenkontakt 12 ist mittels eines Bonddrahtes 14 mit einem zweiten elektrischen Anschluß 3 verbunden.

Der Halbleiterkörper 1 und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2 und 3 sind unmittelbar von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 umschlossen. Diese besteht beispielsweise aus einem für transparente Leuchtdiodenumhüllungen verwendbaren transparenten Kunststoff (z. B. Epoxidharz oder Polymethylmetacrylat) oder einem niedrig schmelzenden anorganischen Glas, dem ein anorganischer Leuchtstoff 6, z. B.  $Y_3Al_5O_{12} : Ce^{3+}$  (YAG:Ce) für ein weißes Licht abstrahlendes Halbleiterbauelement, beigemischt ist.

Das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements unterscheidet sich von dem der Fig. 1 dadurch, daß der Halbleiterkörper 1 und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2 und 3 anstatt von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung von einer transparenten Umhüllung 15 umschlossen sind. Diese transparente Umhüllung 15 bewirkt keine Wellenlängenänderung einer von dem Halbleiterkörper 1 ausgesandten Strahlung und besteht beispielsweise aus einem in der Leuchtdiodentechnik herkömmlich verwendeten Epoxid-, Silikon- oder Acrylatharz oder aus einem anderen geeigneten strahlungsdurchlässigen Material wie z. B. anorganisches Glas.

Auf diese transparente Umhüllung 15 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 aufgebracht, die, wie in der Fig. 2 dargestellt, die gesamte Oberfläche der Umhüllung 15 bedeckt. Ebenso denkbar ist, daß die Lumineszenzkonversionsschicht 4 nur einen Teilbereich dieser Oberfläche bedeckt. Die Lumineszenzkonversionsschicht 4 besteht beispielsweise wiederum aus einem transparenten Kunststoff (z. B. Epoxidharz, Lack oder Polymethylmetacrylat) oder aus einem anorganischen Glas, der bzw. das mit einem anorganischen Leuchtstoff 6 versetzt ist. Auch hier eignet sich als Leuchtstoff für ein weiß leuchtendes Halbleiterbauelement z. B. YAG:Ce.

Dieses Ausführungsbeispiel hat den besonderen Vorteil, daß für die gesamte von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung die Weglänge durch das Lumineszenzkonversionselement näherungsweise gleich groß ist. Dies spielt insbesondere dann eine bedeutende Rolle, wenn, wie oftmals der Fall, der genaue Farbton des von dem Halbleiterbauelement abgestrahlten Lichtes von dieser Weglänge abhängt.

Zur besseren Auskopplung des Lichtes aus der Lumineszenzkonversionsschicht 4 von Fig. 2 kann auf einer Seitenfläche des Bauelements eine linsenförmige Abdeckung 29 (gestrichelt eingezeichnet) vorgesehen sein, die eine Totalreflexion der Strahlung innerhalb der Lumineszenzkonversionsschicht 4 reduziert. Diese linsenförmige Abdeckung 29 kann aus transparentem Kunststoff oder Glas bestehen und auf die Lumineszenzkonversionsschicht 4 beispielsweise aufgeklebt oder direkt als Bestandteil der Lumineszenzkonversionsschicht 4 ausgebildet sein.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind der erste und der zweite elektrische Anschluß 2, 3 in



ein lichtundurchlässiges evtl. vorgefertigtes Grundgehäuse 8 mit einer Ausnehmung 9 eingebettet. Unter "vorgefertigt" ist zu verstehen, daß das Grundgehäuse 8 bereits an den Anschlüssen 2, 3 beispielsweise mittels Spritzguß fertig ausgebildet ist, bevor der Halbleiterkörper auf den ersten Anschluß 2 montiert wird. Das Grundgehäuse 8 besteht beispielsweise aus einem lichtundurchlässigen Kunststoff und die Ausnehmung 9 ist als Reflektor 17 (ggf. durch geeignete Beschichtung der Innenwände der Ausnehmung 9) ausgebildet. Solche Grundgehäuse 8 werden seit langem insbesondere bei oberflächenmontierbaren Leuchtdioden (SMD-TO-LEDs) verwendet und werden daher an dieser Stelle nicht mehr näher erläutert. Sie werden vor der Montage der Halbleiterkörper auf ein die elektrischen Anschlüsse 2, 3 aufweisendes Leiterband (Leadframe) aufgebracht.

Die Ausnehmung 9 ist von einer Lumineszenzkonversionsschicht 4, beispielsweise eine separat hergestellte und auf dem Grundgehäuse 8 befestigte Abdeckplatte 17 aus Kunststoff, abgedeckt. Als geeignete Materialien für die Lumineszenzkonversionsschicht 4 kommen wiederum die weiter oben im allgemeinen Teil der Beschreibung genannten Kunststoffe oder anorganisches Glas in Verbindung mit den dort genannten anorganischen Leuchtstoffen in Frage. Die Ausnehmung 9 kann sowohl mit einem transparenten Kunststoff, mit einem anorganischen Glas oder mit Gas gefüllt als auch mit einem Vakuum versehen sein.

Wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 kann auch hier zur besseren Auskopplung des Lichtes aus der Lumineszenzkonversionsschicht 4 auf dieser eine linsenförmige Abdeckung 29 (gestrichelt eingezeichnet) vorgesehen sein, die eine Totalreflexion der Strahlung innerhalb der Lumineszenzkonversionsschicht 4 reduziert. Diese Abdeckung 29 kann wiederum aus transparentem Kunststoff oder aus anorganischem Glas bestehen und auf die Lumineszenzkonversionsschicht 4 beispielsweise aufgeklebt oder zusammen mit der Lumineszenzkonversionsschicht 4 einstückig ausgebildet sein.

Ebenso ist es möglich, daß die Ausnehmung 9, wie in Fig. 10 gezeigt, mit einem mit einem anorganischen Leuchtstoff 6 versehenen Kunststoff oder Glas, d. h. mit einer Lumineszenzsumhüllung 5 gefüllt ist, die das Lumineszenzkonversionselement bildet. Eine Abdeckplatte 17 und/oder eine linsenförmige Abdeckung 29 kann dann auch weggelassen sein. Weiterhin ist optional, wie in Fig. 11 dargestellt, der erste elektrische Anschluß 2 z. B. durch Prägen im Bereich des Halbleiterkörpers 1 als Reflektorwanne 34 ausgebildet, die mit einer Lumineszenzkonversionsschicht 4 gefüllt ist.

In Fig. 4 ist als weiteres Ausführungsbeispiel eine sogenannte Radialdiode dargestellt. Hierbei ist der Halbleiterkörper 1 in einem als Reflektor ausgebildeten Teil 16 des ersten elektrischen Anschlusses 2 beispielsweise mittels Lötens oder Kleben befestigt. Auch derartige Gehäusebauformen sind aus der Leuchtdiodentechnik wohl bekannt und bedürfen von daher keiner näheren Erläuterung.

Bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 4 ist der Halbleiterkörper 1 von einer transparenten Umhüllung 15 umgeben, die wie beim zweitgenannten Ausführungsbeispiel (Fig. 2) keine Wellenlängenänderung der von dem Halbleiterkörper 1 ausgesandten Strahlung bewirkt und beispielsweise aus einem herkömmlich in der Leuchtdiodentechnik verwendeten transparenten Epoxidharz oder aus einem anorganischen Glas bestehen kann.

Auf dieser transparenten Umhüllung 15 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 aufgebracht. Als Material hierfür kommen beispielsweise wiederum die im Zusammenhang mit den vorgenannten Ausführungsbeispielen angeführten Kunststoffe oder anorganisches Glas in Verbindung mit den oben Leuchtstoffen in Frage.

Der gesamte Aufbau, bestehend aus Halbleiterkörper 1, Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2, 3, transparente Umhüllung 15 und Lumineszenzkonversionsschicht 4, ist von einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umschlossen, die keine Wellenlängenänderung der durch die Lumineszenzkonversionsschicht 4 hindurchgetretenen Strahlung bewirkt. Sie besteht beispielsweise wiederum aus einem herkömmlich in der Leuchtdiodentechnik verwendeten transparenten Epoxidharz oder aus Glas.

Das in Fig. 5 gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem von Fig. 4 insbesondere dadurch, daß die freien Oberflächen des Halbleiterkörpers 1 unmittelbar von einer Lumineszenzkonversionsschicht 5 bedeckt sind, die wiederum von einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umgeben ist. In Fig. 5 ist weiterhin beispielhaft ein Halbleiterkörper 1 dargestellt, bei dem anstelle des Rückseitenkontaktes 11 ein weiterer Kontakt auf der Halbleiterschichtenfolge 7 angebracht ist, der mittels eines zweiten Bonddrahtes 14 mit dem zugehörigen elektrischen Anschluß 2 oder 3 verbunden ist. Selbstverständlich sind derartige Halbleiterkörper 1 auch bei allen anderen hierin beschriebenen Ausführungsbeispielen einsetzbar. Umgekehrt ist natürlich auch bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 5 ein Halbleiterkörper 1 gemäß den vorgenannten Ausführungsbeispielen verwendbar.

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle angemerkt, daß selbstverständlich auch bei der Bauform nach Fig. 5 analog zu dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 eine einstückige Lumineszenzkonversionsschicht 5, die dann an die Stelle der Kombination aus Lumineszenzkonversionsschicht 4 und weiterer transparenter Umhüllung 10 tritt, verwendet sein kann.

Bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 6 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 (mögliche Materialien wie oben angegeben) direkt auf den Halbleiterkörper 1 aufgebracht. Dieser und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2, 3 sind von einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umschlossen, die keine Wellenlängenänderung der durch die Lumineszenzkonversionsschicht 4 hindurchgetretenen Strahlung bewirkt und beispielsweise aus einem in der Leuchtdiodentechnik verwendeten transparenten Epoxidharz oder aus Glas gefertigt ist.

Solche, mit einer Lumineszenzkonversionsschicht 4 versehenen Halbleiterkörper 1 ohne Umhüllung können natürlich vorteilhafterweise in sämtlichen aus der Leuchtdiodentechnik bekannten Gehäusebauformen (z. B. SMD-Gehäuse, Radial-Gehäuse (man vergleiche Fig. 5)) verwendet sein.

Bei dem in Fig. 12 dargestellten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements ist auf dem Halbleiterkörper 1 ein transparentes Wannenteil 35 angeordnet, das über dem Halbleiterkörper 1 eine Wanne 36 aufweist. Das Wannenteil 35 besteht beispielsweise aus transparentem Epoxidharz oder aus anorganischem Glas und ist z. B. mittels Umspritzen der elektrischen Anschlüsse 2, 3 einschließlich Halbleiterkörper 1 gefertigt. In dieser Wanne 36 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 angeordnet, die z. B. wieder-

um aus Epoxidharz oder anorganischem Glas gefertigt ist, in das Partikel 37, bestehend aus einem der o. g. anorganischen Leuchtstoffe, eingebunden sind. Bei dieser Bauform wird vorteilhafterweise auf sehr einfache Weise sichergestellt, daß sich der Leuchtstoff während der Herstellung des Halbleiterbauelements an nicht vorgesehenen Stellen, z. B. neben dem Halbleiterkörper, ansammelt. Das Wannenteil 35 kann selbstverständlicher Weise auch separat hergestellt und anderweitig, z. B. an einem Gehäuseteil, über dem Halbleiterkörper 1 befestigt sein.

Bei sämtlichen der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele kann zur Optimierung des Farbeindrucks des abgestrahlten Lichts sowie zur Anpassung der Abstrahlcharakteristik das Lumineszenzkonversionselement (Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 oder Lumineszenzkonversionsschicht 4), ggf. die transparente Umhüllung 15, und/oder ggf. die weitere transparente Umhüllung 10 lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren aufweisen. Beispiele für derartige Diffusoren sind mineralische Füllstoffe, insbesondere  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  oder  $\text{BaSO}_4$  oder auch organische Pigmente. Diese Materialien können auf einfache Weise den o. g. Umhüllungs- bzw. Schichtmaterialien zugesetzt werden.

In den Fig. 7 und 8 sind Emissionsspektren eines blauen Licht abstrahlenden Halbleiterkörpers (Fig. 7) (Lumineszenzmaximum bei  $\lambda \sim 430 \text{ nm}$ ) bzw. von Weiß leuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen (Fig. 8) gezeigt, die mittels solcher Halbleiterkörper hergestellt sind. An der Abszisse ist die Wellenlänge  $\lambda$  in nm und an der Ordinate ist eine relative Intensität der ausgesandten Strahlung aufgetragen.

Von der vom Halbleiterkörper ausgesandten Strahlung nach Fig. 7 wird nur ein Teil in einen längerwelligen Wellenlängenbereich konvertiert, so daß als Mischfarbe weißes Licht entsteht. Die verschiedenartig gestrichelten Linien 30 bis 33 von Fig. 8 stellen Emissionsspektren von erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen in Form von Radialdioden dar, bei denen das Lumineszenzkonversionselement, in diesem Fall eine Lumineszenzkonversionsumhüllung aus Epoxidharz, unterschiedliche YAG : Ce-Konzentrationen aufweist. Jedes Emissionsspektrum weist zwischen  $\lambda = 420 \text{ nm}$  und  $\lambda = 430 \text{ nm}$ , also im blauen Spektralbereich, und zwischen  $\lambda = 520 \text{ nm}$  und  $\lambda = 545 \text{ nm}$ , also im grünen Spektralbereich, jeweils ein Intensitätsmaximum auf, wobei die Emissionsbanden mit dem längerwelligen Intensitätsmaximum zu einem großen Teil im gelben Spektralbereich liegen. Das Diagramm von Fig. 8 verdeutlicht, daß bei dem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement auf einfache Weise durch Veränderung der Leuchtstoffkonzentration im Epoxidharz der CIE-Farbtort des weiden Lichtes verändert werden kann.

Weiterhin ist es möglich, anorganische Leuchtstoffe auf Basis von Ce-dotierten Granaten, Thiogallaten, Erdalkali-Sulfiden und Aluminaten direkt auf den Halbleiterkörper aufzubringen, ohne sie in Epoxidharz oder Glas zu dispergieren.

Ein weiterer besonderer Vorteil der oben genannten anorganischen Leuchtstoffe ergibt sich daraus, daß die Leuchtstoffkonzentration z. B. im Epoxidharz nicht wie bei organischen Farbstoffen durch die Löslichkeit begrenzt wird. Dadurch sind keine großen Dicken von Lumineszenzkonversionselementen nötig.

#### Patentansprüche

##### 1. Mischfarbiges Licht abstrahlendes Halbleiter-

bauelement mit einem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper (1), mit mindestens einem ersten und einem zweiten elektrischen Anschluß (2, 3), die mit dem Halbleiterkörper (1) elektrisch leitend verbunden sind, und mit einem Lumineszenzkonversionselement (4, 5), bei dem der Halbleiterkörper (1) eine Halbleiterschichtenfolge (7) aufweist, die eine elektromagnetische Strahlung mit einer Wellenlänge  $\lambda \leq 520 \text{ nm}$  aussendet, bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereiches umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus einem zweiten spektralen Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung des zweiten Wellenlängenbereiches aussendet und bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) mindestens einen anorganischen Leuchtstoff (6), insbesondere einen Phosphor, aufweist.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, bei dem das Lumineszenzkonversionselement zumindest teilweise aus einem für eine von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandte und eine von dem Leuchtstoff (6) emittierte Strahlung durchlässigen Material besteht, in das der anorganische Leuchtstoff (6) eingebunden ist.

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, bei dem als organischer Leuchtstoff ein oder mehrere Stoffe aus der Gruppe der Ce-dotierten-Granate, insbesondere YAG : Ce, verwendet ist.

4. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, bei dem als organischer Leuchtstoff ein oder mehrere Stoffe aus der Gruppe der mit Seltenen Erden dotierten Granate, mit Seltenen Erden dotierten Erdalkali-Sulfide, mit Seltenen Erden dotierten Thiogallate, mit Seltenen Erden dotierte Aluminat und mit Seltenen Erden dotierte Orthosilikate verwendet ist.

5. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das Lumineszenzkonversionselement Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandten, aus dem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung von mindestens zwei zweiten Wellenlängenbereichen umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus einem zweiten spektralen Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung der zweiten Wellenlängenbereiche aussendet, wobei der zweite spektrale Teilbereich und die zweiten Wellenlängenbereiche Intensitätsmaximas bei verschiedenen Wellenlängen  $\lambda$  aufweisen.

6. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Lumineszenzkonversionselement Strahlung mehrerer erster spektraler Teilbereiche der von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung mehrerer zweiter Wellenlängenbereiche umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus mehreren zweiten spektralen Teilbereichen des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung der zweiten Wellenlängenbereiche aus sendet, wobei die zweiten spektralen Teilbereiche und die zweiten Wellenlängenbereiche Intensitätsmaximas bei unterschiedlichen Wellenlängen aufweisen.

7. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der Halbleiterkörper (1) eine aktive Schicht aus  $Ga_xIn_{1-x}N$  oder  $Ga_yAl_{1-y}N$  aufweist.
8. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem das Lumineszenzkonversionselement eine über oder auf dem Halbleiterkörper (1) angeordnete Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufweist.
9. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem als Lumineszenzkonversionselement eine Lumineszenzkonversionsumhüllung (5) vorgesehen ist, die zumindest einen Teil des Halbleiterkörpers (1) und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse (2, 3) umschließt.
10. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem das Lumineszenzkonversionselement mit mehreren verschiedenartigen organischen und/oder anorganischen Leuchtstoffen (6) versehen ist.
11. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der bzw. die zweiten Wellenlängenbereiche zumindest teilweise größere Wellenlängen  $\lambda$  aufweisen als der bzw. die ersten Wellenlängenbereiche.
12. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem der zweite spektrale Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und der zweite Wellenlängenbereich zumindest teilweise zueinander komplementär sind.
13. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5 oder Anspruch 5 und einem der Ansprüche 7 bis 11, bei dem ein zweiter spektraler Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und zwei zweite Wellenlängenbereiche ein additives Farbtupel ergeben.
14. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die vom Halbleiterkörper (1) ausgesandte Strahlung bei  $\lambda = 430 \text{ nm}$  oder bei  $\lambda = 450 \text{ nm}$  ein Intensitäts-Maximum aufweist.
15. Halbleiterbauelement nach Anspruch 8 oder nach Anspruch 8 und einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem zumindest ein Teil der Oberfläche des Halbleiterkörpers (1) von einer transparenten Umhüllung (15) umgeben ist und bei dem auf der transparenten Umhüllung (15) die Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufgebracht ist.
16. Halbleiterbauelement nach Anspruch 8 oder nach Anspruch 8 und einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem zumindest auf einem Teil der Oberfläche des Halbleiterkörpers (1) die Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufgebracht ist.
17. Halbleiterbauelement nach Anspruch 8 oder nach Anspruch 8 und einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem der Halbleiterkörper (1) in einer Ausnehmung (9) eines Grundgehäuses (8) angeordnet ist und bei dem die Ausnehmung (9) mit einer Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufweisenden Abdeckschicht (17) abgedeckt ist.
18. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei dem der Halbleiterkörper (1) in einer Ausnehmung (9) eines Grundgehäuses (8) angeordnet ist und bei dem die Ausnehmung (9) zumindest teilweise mit einem Lumineszenzkonversionselement (4, 5) gefüllt ist.
19. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) mehrere Schichten mit unterschiedlichen Wellenlängenkonversionseigenschaften aufweist.

20. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19, bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) zusätzlich organische Farbstoffmoleküle aufweist.
21. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) eine Epoxidharz-Matrix, eine Kunststoffmatrix, insbesondere aus Silikon-, Thermoplast- oder Duroplastmaterial oder eine Polymethylmetacrylat-Marix aufweist.
22. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) zumindest teilweise aus einem UV- und temperaturstabilen anorganischen Material besteht.
23. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 22, bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) zusätzlich organische Farbstoffmoleküle ohne Wellenlängenkonversionswirkung aufweist.
24. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 23, bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) und/oder ggf. die transparente Umhüllung (10, 15) lichtstreuende Partikel aufweist.
25. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 24, bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) zusätzlich mit einem oder mehreren lumineszierenden 4f-metallorganischen Verbindungen versehen ist.
26. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, bei dem der anorganische Leuchtstoff (6) unmittelbar auf dem Halbleiterkörper (1) aufgebracht ist.
27. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 26, bei dem der Halbleiterkörper (1) ein UV-Strahlung emittierender Leuchtdioden- oder Laserdiodenchip ist.
28. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 27, bei dem das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) und/oder ggf. die transparente Umhüllung (10, 15) mit mindestens einem im Blauen lumineszierenden Lumineszenzfarbstoff versehen ist.
29. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 28, bei dem nur ein einziger Strahlung aussendender Halbleiterkörper (1) vorgesehen ist.
30. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19 oder 22 bis 28, bei dem sämtliche Komponenten aus UV- und temperaturstabilen anorganischen Materialien hergestellt sind.
31. Verwendung einer Mehrzahl von Halbleiterbauelementen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 30 in einer vollfarbtauglichen LED-Anzeigevorrichtung.
32. Verwendung einer Mehrzahl von Halbleiterbauelementen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 30 zur Beleuchtung von Flugzeugkabinen.
33. Verwendung eines Halbleiterbauelements gemäß einem der Ansprüche 1 bis 30 zur Beleuchtung von Anzeigevorrichtungen, insbesondere zur Beleuchtung von Flüssigkristallanzeigen.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

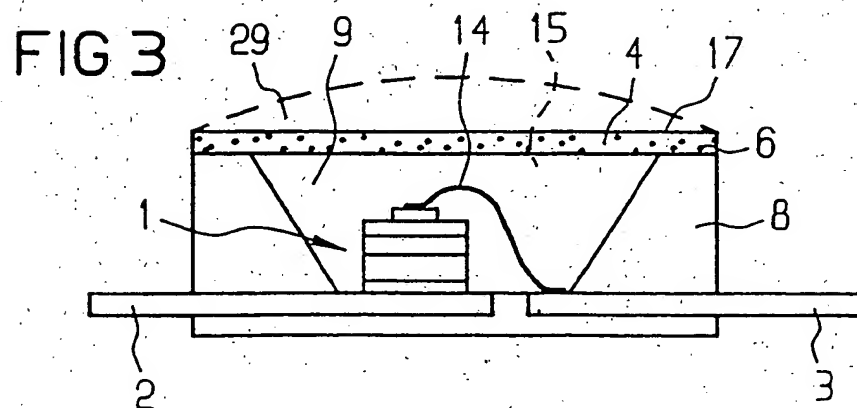
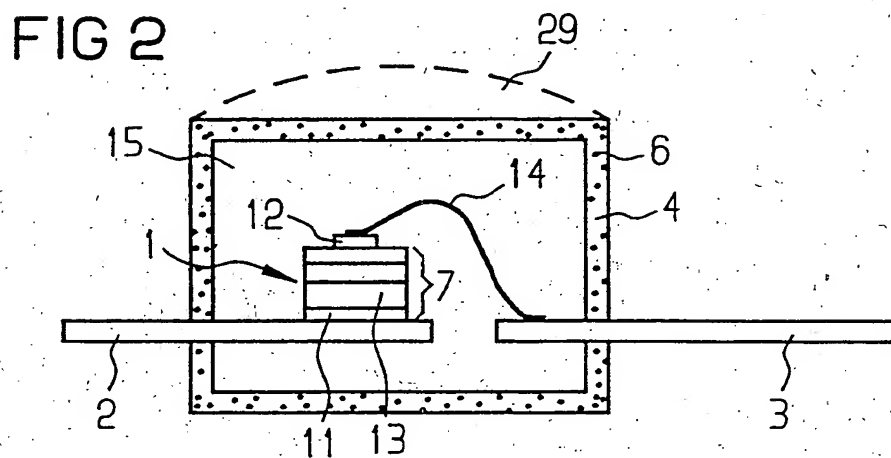
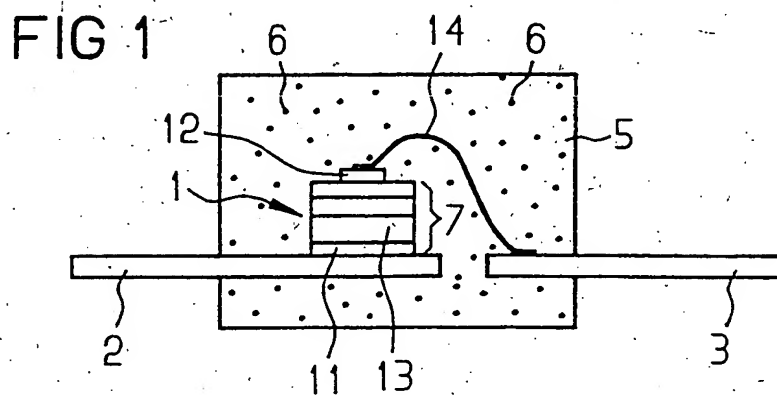


FIG 4

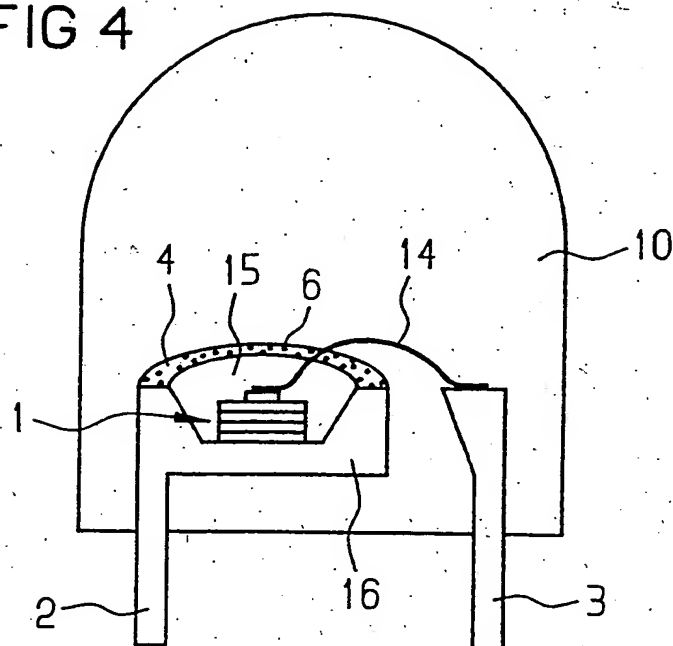


FIG 5

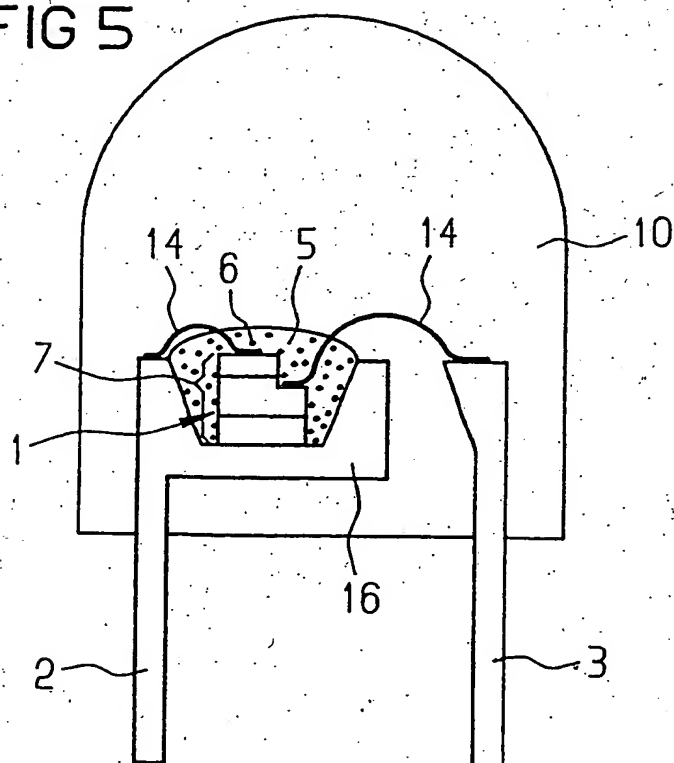


FIG 6

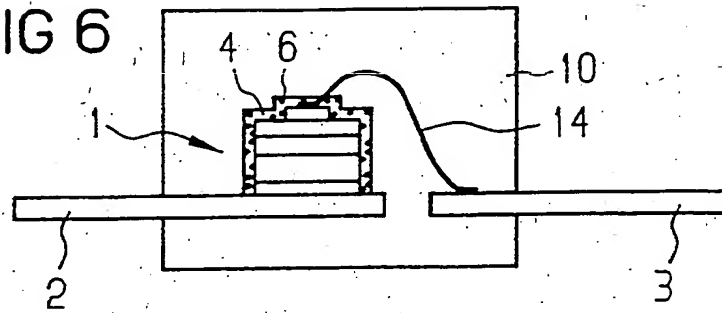


FIG 9

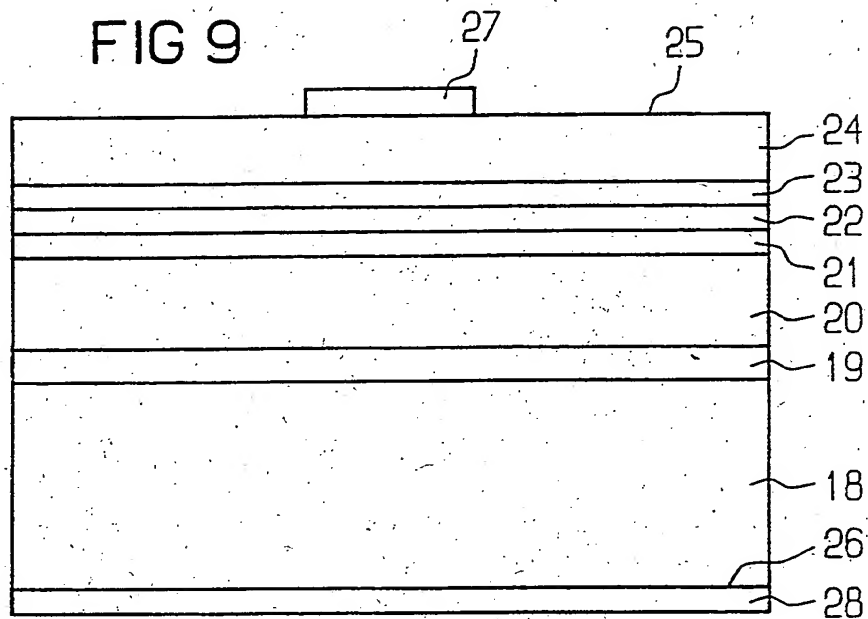
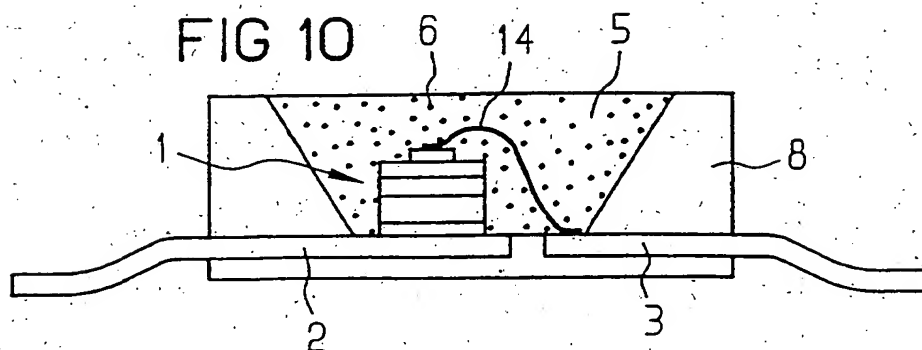


FIG 10



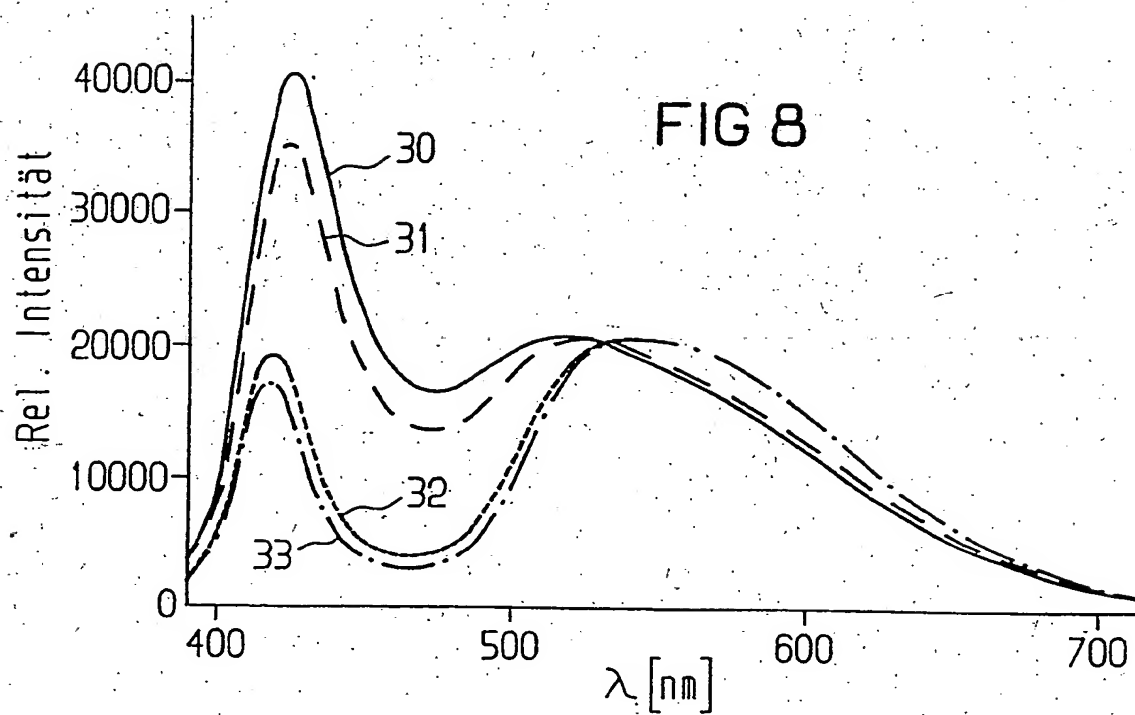
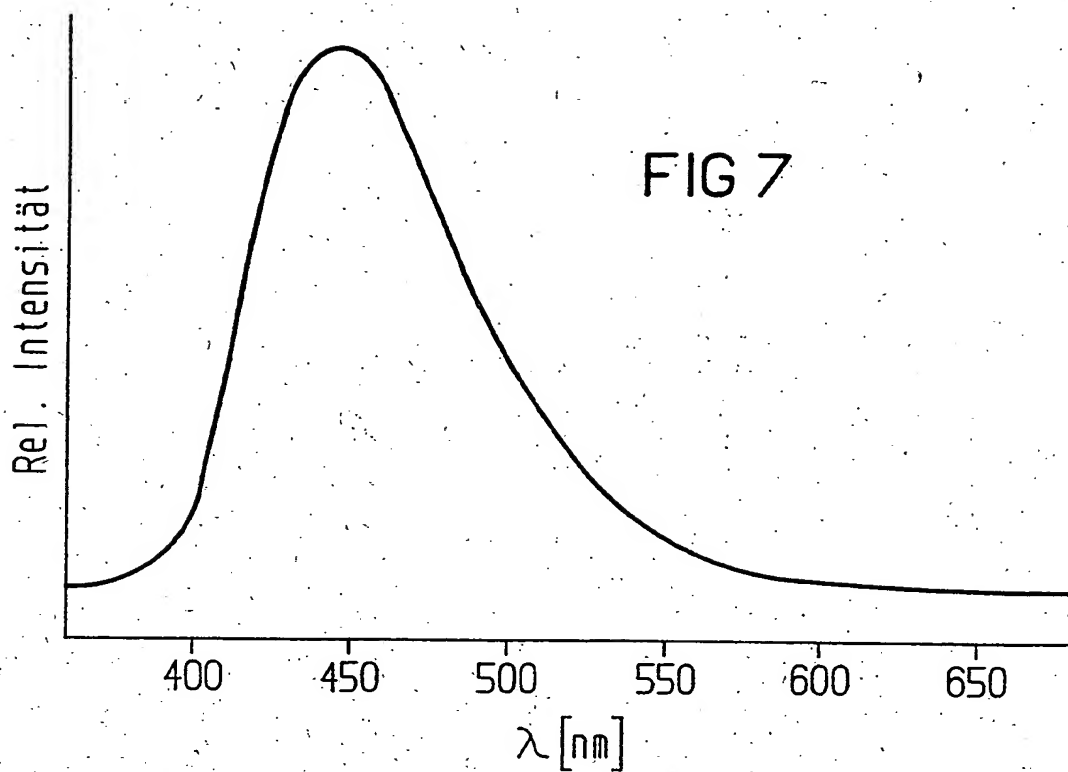
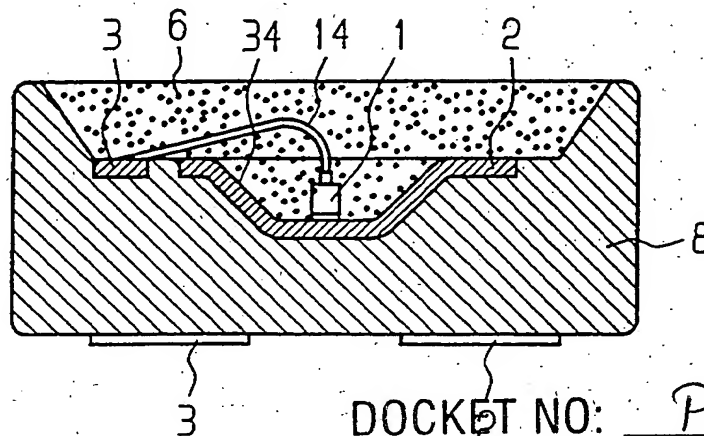




FIG 11



DOCKET NO: P2001,0463

SERIAL NO:

APPLICANT: Herbert Brunner et al.

LEARNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100

FIG 12

